

# Malmirikastamon jätepumppujen ohjausten modernisointi

Mikko Virta

Opinnäytetyö  
10/2015

Automaatiotekniikan koulutusohjelma  
Tekniikan ja liikenteen ala



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU  
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Tekijä(t) Virta, Mikko	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 29.10.2015
	Sivumäärä 28	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: X
Työn nimi <b>Malmirikastamon jätepumppujen ohjausten modernisointi</b>		
Koulutusohjelma Automaatiotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Veli-Matti Häkkinen, Markku Ström		
Toimeksiantaja(t) PCS-Engineering Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Toimeksiantajana opinnäytetyölleni oli työnantajani eli PCS-Engineering Oy. Yritys tarjoaa logiikoiden ja automaatiojärjestelmien ohjelmointia, sähkö- ja automaatioalan suunnittelua, asennusvalvontaa ja projektointia. Se on perustettu vuonna 2004 ja sillä on yhteensä 38 työntekijää.</p> <p>Asiakkaana oli kaivostoimintaa harjoittava australialaisomisteinen Dragon Mining Oy. Tehtävänäni oli laatia yhdessä kahden kollegani kanssa Sastamalassa toimivalle malmirikastamolle instrumentointisuunnitelmat, logiikkaohjelma sekä valvomonäyttö kahdelle taajuusmuuttajakäyttöiselle jätepumpulle. Pumput olivat rikastamolla jo käytössä, joten kyseessä oli lähinnä ohjausten ja moottorilähtöjen modernisointi.</p> <p>Opinnäytetyössä käsitellään varsinaisen työsuorituksen lisäksi myös instrumenttisuunnittelua, logiikkaohjelmointia ja valvomosuunnittelua yleisellä tasolla. Tämä siksi, että myös alaan tarkemmin perehtymätön lukija saisi paremman käsityksen suunnittelutyön vaiheista.</p> <p>Työn lopputuloksena oli valmis toteutus, joka on käytössä asiakkaan laitoksella.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> ) Ohjelmoitava logiikka, ABB AC500, taajuusmuuttajat, ABB ACS800, ABB Compact HMI, instrumenttisuunnittelu, automaatiosuunnittelu		
Muut tiedot		



Author(s) Virta, Mikko	Type of publication Bachelor's thesis	Date 29.10.2015
	Number of pages 28	Language of publication Finnish
		Permission for web publication: X
Title of publication <b>Modernization of controls for waste pumps at an ore enrichment plant</b>		
Degree programme Automation Engineering		
Tutor(s) Veli-Matti Häkkinen, Markku Ström		
Assigned by PCS-Engineering Oy		
<p>Abstract</p> <p>The thesis was ordered by my employer PCS-Engineering Oy. The company offers programming for programmable logic controllers and automation systems, electrical and automation engineering, installation supervising and projection. It was founded in 2004 and it has a total of 38 employees in its service.</p> <p>The customer for the job was an Australian owned mining company called Dragon Mining Oy. My task was to create the instrumentation design, PLC program and a PC based control panel for two waste pumps located in an ore enrichment plant. The pumps are driven by frequency converters and they were already in use at the plant, so the job was to modernize the controls and the motor control cabinet.</p> <p>Besides the actual job done for the customer, the thesis also covers instrumentation engineering, PLC programming and control panel design in general level. The reason for this is to give a better understanding about this sort of engineering to a reader who is not familiar with this field.</p> <p>The final result of the thesis was a complete application, which is in use at the customer's facility.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> ) Programmable logic controller, ABB AC500, frequency drives, ABB ACS800, ABB Compact HMI, instrumentation engineering, automation engineering		
Miscellaneous		

## SISÄLTÖ

1	Johdanto .....	3
2	Projektin tavoite .....	3
3	Malmin rikastaminen .....	4
4	Projektin keskeisimmät laitteet .....	6
4.1	Ohjelmoitava logiikka .....	6
4.2	Valvomo .....	7
4.3	Taajuusmuuttaja .....	7
5	Prosessin kuvaus .....	8
5.1	Virtaussäädin FC-402 .....	8
5.2	Pinnankorkeuden säädin LC-408 .....	9
5.3	Huuhtelusekvenssi .....	9
6	Instrumentointi- ja sähkösuunnittelu .....	9
6.1	Instrumentointisuunnittelu .....	10
6.2	Sähkösuunnittelu .....	11
7	Sovellussuunnittelu .....	16
7.1	Logiikan konfigurointi .....	17
7.2	Logiikkaohjelmointi .....	18
7.3	Valvomosuunnittelu .....	21
8	Projektin toteutus .....	23
8.1	Alkutilanne .....	23
8.2	Työn aloitus .....	23
8.3	Työn eteneminen .....	23
8.4	Moottorikeskus .....	25
8.5	Käyttöönotto .....	25
9	Pohdinta .....	26
	Lähteet .....	28
	Liitteet .....	29

Liite 1. Valvomon käyttöohje .....	29
------------------------------------	----

## KUVIOT

Kuvio 1 Virtaussäädön instrumenttipiirikaavio .....	11
Kuvio 2 Keskuksen layout-kuva .....	12
Kuvio 3 Jännitteenjako 230VAC .....	13
Kuvio 4 Jännitteenjako 24VDC .....	14
Kuvio 5 Logiikan kokoonpano .....	15
Kuvio 6 Moottorin päävirtapiiri ja ohjauspiirin johdotuskuva .....	16
Kuvio 7 Kortin DA501 konfigurointi .....	18
Kuvio 8 Jätepumppu JP1:n moottorilohko .....	19
Kuvio 9 Osa projektin globaaleista muuttujista .....	20
Kuvio 10 Valvomonäyttö .....	22

## 1 Johdanto

Rikastamisella tarkoitetaan aineen rikastusasteen nostamista jonkin sen sisältämän komponentin suhteen. Prosessi liittyy hyvin oleellisesti kaivostoimintaan, jossa se tarkoittaa käytännössä arvomineraalien erottamista malmista. Malmilla tarkoitetaan mineraaliesiintymää, josta voidaan erilaisin menetelmin erottaa taloudellisesti hyödyllisiä metalleja. Kun malmi on louhittu kaivoksesta, pitää arvottomista ainesosista päästä eroon, jotta päästään käsiksi arvomineraaleihin, esim. kultaan tai hopeaan.

Opinnäytetyöni toimeksiantajana oli työnantajani PCS-Engineering Oy, joka on Oulussa ja Jyväskylässä toimiva sähkö- ja automaatioalan suunnittelutoimisto. Asiakkaana oli Sastamalassa, Jokisivussa ja Orivedellä kaivostoimintaa harjoittava australialaisomistuksessa oleva Dragon Mining Oy. Työsuoritukseni sijoittui Sastamalassa sijaitsevaan malmirikastamoon, jossa rikastetaan sekä Jokisivusta että Orivedeltä louhittavaa kultamalmia. Tehtävänäni oli laatia yhdessä kahden kollegani kanssa kahden taajuusmuuttajakäyttöisen jätepumpun instrumentointisuunnittelu, logiikkaohjelma sekä valvomonäyttö. Pumput olivat rikastamolla jo käytössä, joten työ painottui käytännössä ohjausten ja moottorilähtöjen modernisointiin.

## 2 Projektin tavoite

Rikastamisen sivutuotteena syntyy jätevettä, joka pitää pumpata pois prosessista jatkokäsittelyä varten. Pumppausprosessiin liittyvien laitteiden toiminta on varsinaisen tuotannon kannalta erittäin tärkeää, sillä mikäli jäteveden pumppausta ei pystytä jostakin syystä suorittamaan, ei myöskään laitoksen varsinaista tuotantoprosessia eli kullan rikastamista pystytä jatkamaan. Tästä syystä jäteveden käsittelyyn liittyvien laitteiden modernisointi oli paitsi ajankohtaista, myös tuotannon kannalta tärkeää. Vaikka tämä projekti ei laitoksen varsinaista tuottavuutta suoraan

nostakaan, on se silti tärkeässä asemassa tuotantoa tukevana ja varmistavana tekijänä. Tavoitteena oli siis saada aikaan entistä varmatoimisemmat ja nykyaikaiset laitteet jäteveden pumppaamiseksi, jotta laitoksen tuotantoprosessi voisi pyöriä mahdollisimman luotettavasti.

### **3 Malmin rikastaminen**

Ennen varsinaista rikastusprosessia malmi yleensä murskataan hienojakoisemmaksi mekaanisella murskaimella. Itse rikastusprosessi voidaan toteuttaa lukuisilla erilaisilla menetelmillä, kuten vaahdottamalla, poimimalla, magneettisesti, sähköstaattisesti, tai painovoimaan ja kappaleiden tiheyseroihin perustuen. Valittava menetelmä riippuu oleellisesti rikastettavan malmin tyypistä.

Poiminta on hyvin yksinkertainen rikastusmenetelmä, sillä siinä nimensä mukaisesti poimitaan arvokkaat kappaleet arvottomien joukosta. Poimintaa voidaan toteuttaa sekä käsin, että koneellisesti. Eroteltavien kappaleiden on oltava melko suuria. (Kaiva.fi 2014.)

Magneettisia metalleja voidaan erottaa esimerkiksi rumpuerottimilla, jossa pyörivän rummun ulkokehän sisäpinnalla on magneetteja. Magneettinen aines tarttuu ulkokehälle ja arvoton aines jää rummun pohjalle. (Kaiva.fi 2014.)

Sähköstaattisessa rikastuksessa metallit erotellaan niiden sähkönjohtavuuden avulla. Tätä menetelmää käytetään lähinnä muiden rikastustapojen rinnalla tai erikoiserotuksessa. Menetelmän haittapuolina ovat esimerkiksi alhainen kapasiteetti ja soveltumattomuus hienojakoiselle materiaalille. Lisäksi menetelmä vaatii mittavat turvatoimet prosessissa käytettävän suurjännitteen vuoksi. (Kaiva.fi 2014.)

Sastamalan rikastamolla käytetään kultanrikastamiseen vaahdotusmenetelmää eli flotaatiota sekä tärypöytämenetelmää. Tämän vuoksi tässä työssä kerrotaan näistä

kahdesta enemmän kuin muista rikastusmenetelmistä. Vaahdotusmenetelmässä lietteen pintaan luodaan vaahtokerros ilmakuplien ja vaahdotuskemikaalien avulla. Kuplien tuottamiseen voidaan käyttää joko elektrolyysiä, saturointia tai ilman syöttöä lietteeseen paineella tai mekaanisesti. Menetelmän tarkoituksena on saada arvokkaat kappaleet tarttumaan lietteen pinnalle tuotettuun vaahtoon. Jotta näin tapahtuisi, on kappaleiden oltava hydrofobisia eli vettä hylkiviä. Mikäli arvokas kappale on hydrofiilinen eli vesihakuinen, voidaan se muuttaa hydrofobiseksi kokoojakemikaalien avulla. Arvokkaat mineraalit saadaan talteen poistamalla lietteen pintaan muodostunut rikastevaahdot, jonka jälkeen se toimitetaan jatkokäsittelyyn. Arvottomat kappaleet eivät tartu vaahtoon, joten ne vajoavat lietteen pohjalle. Prosessi voidaan toteuttaa myös käänteisesti, jolloin arvokkaat mineraalit vajoavat pohjalle arvottomien kappaleiden tarttuessa vaahtoon. Arvomineraalit saadaan talteen pesemällä ja kuivaamalla pohjalle vajonnut aines. (Kaiva.fi 2014; Opasnet 2013.)

Tärypöytämenetelmä lukeutuu painovoimaan ja kappaleiden tiheyseroihin perustuviin rikastusmenetelmiin. Se soveltuu lähinnä keskikarkeille rakeille ja sitä käytettäessä arvomineraalien saanti on korkea. Tärypöytä on käytännössä kalteva pinta, joka on uritettu pituussuuntaisesti. Pöytää liikutetaan edestakaisin urien suuntaisesti ja samalla pöydälle johdetaan ilmaa tai vettä, joka aiheuttaa lietteen liikkumisen edestakaisin pöydän pinnalla. Tämän liikkeen avulla pöydällä olevat rakeet pyritään lajittelemaan. Koska pöydän pinta on uritettu ja edestakainen iskuliike on epäsymmetrinen, saadaan urien väliin muodostumaan vastavirtapyörre. Pyörre aiheuttaa raskaiden kappaleiden vajoamisen pöydän uriin, jonka vuoksi ne siirtyvät kohti pöydän poistopäätä. Kevyet kappaleet sen sijaan kulkeutuvat urien ylitse. Rikastustapaa voidaan säätää usealla eri tavalla, kuten muuttamalla syötetyn veden tai ilman määrää, pöydän kaltevuutta, iskunpituutta tai iskujen määrää. (Kaiva.fi 2014; Laurila, J. 2013.)



## 4 Projektin keskeisimmät laitteet

Sastamalan rikastamolla on edelleen käytössä paljon erillisiä yksikkösäätimiä, jotka on tarkoitus korvata nykyaikaisemmilla ratkaisuilla. Myös tässä työssä käsiteltävät jätepumppujen ohjaukset oli aiemmin toteutettu yksikkösäätimien avulla.

Modernisoinnin tuloksena jätepumppuja ohjataan nykyään ABB:n valmistamalla AC500-sarjan ohjelmoitavalla logiikalla. Logiikka puolestaan on kytketty PC-pohjaiseen valvomoon, joka toimii alustana ABB:n Compact HMI 800-valvomonäytölle.

### 4.1 Ohjelmoitava logiikka

Ohjelmoitavia logiikoita käytetään erilaisten prosessien ohjaamiseen. Logiikka koostuu yksinkertaisimmillaan CPU:sta ja tulo- sekä lähtökanavista. Tulokanaviin tuodaan joko analogisia tai binäärisiä signaaleja. Analoginen signaali voi olla esim. säiliön pinnankorkeuden mittaus, binäärisignaali taas vaikkapa käynnistyspainike tai rajakytkin. Myös lähtökanavat voidaan jakaa analogisiin ja binäärisiin. Analogiseen lähtöön voidaan kytkeä esim. moottorin nopeuden ohjaussignaali, binääriseen taas voidaan kytkeä kyseisen moottorin käynnistyskäsky. CPU tulkitsee tulokanaviin tuotavia signaaleja ja ohjaa lähtökanavia siihen ladatun ohjelman mukaisesti.

Logiikan ohjelmointiin käytetään siihen tarkoitettua ohjelmistoa. Ohjelmaa voidaan luoda erilaisilla kielillä, jotka voidaan karkeasti jakaa graafisiin ja tekstipohjaisiin kieliin. Graafisia ovat mm. Function Block Diagram (FBD) ja Ladder Diagram (LAD). Tekstipohjaisia ovat esim. Statement List (STL) ja Structured Text (ST). Valmis ohjelma ladataan logiikan CPU:n muistiin. (Logiikkaohjattu annosteluprosessi 2013.)

Tässä työssä käsiteltäviin jätepumppuihin liittyvät ohjaukset on toteutettu ABB AC500 -sarjan ohjelmoitavalla logiikalla. Logiikan ohjelmointiin käytettävän ABB Automation Builder -ohjelman perusversion eli Basicin voi ladata ilmaiseksi. Tässä

projektissa käytimme kyseisen ohjelmiston Standard-versiota, joka vaatii lisenssin toimiakseen. Asiakas päätyi ABB:n laitteisiin aikaisempien kokemusten perusteella.

## 4.2 Valvomo

Valvomolla tarkoitetaan usein PC:lle asennettavaa ohjelmistoa, jonka näytöllä esitetään jonkin prosessin keskeisimmät osat. Useimmiten näytöllä on prosessin PI-kaavio, jossa on esitetty siinä olevat moottorit, pumpput, puhaltimet, venttiilit, mittaukset yms. Prosessin laitteisiin liittyvät mittaustiedot esitetään näytöllä ja laitteita voidaan myös hallita näytöltä. Esimerkkinä mainittakoon pumppu, jonka ajotapa voidaan asettaa joko käsi- tai automaattiajolle. Käsiäjolla pumppu voidaan käynnistää valvomosta ja sen kierrosnopeutta voidaan muuttaa. Vastaavasti pumpun ottama virta ja mitattu kierrosnopeus voidaan näyttää valvomonäytöllä. Myös erilaiset prosessiin liittyvät hälytykset ja varoitukset voidaan nähdä ja kuitata valvomosta. Joissakin tapauksissa on myös tarpeellista kerätä prosessin historiatietoja vianhakua varten. Usein valvomosta on mahdollista nähdä myös prosessiin liittyviä trendejä, joista voidaan seurata vaikkapa lämpötilan muuttumista tietyn ajanjakson aikana.

Tässä työssä valvomona toimii ABB Compact HMI 800 –ohjelma. Se on asennettu Dellin valmistamaan PC:hen, jonka käyttöjärjestelmänä on Windows 7 Professional.

## 4.3 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttaja on laite, jonka pääasiallinen tarkoitus on oikosulkumoottorin kierrosluvun säätäminen sekä moottorin suojaaminen. Kun oikosulkumoottori kytketään suoraan sähköverkkoon, se pyörii aina tietyllä vakionopeudella. Useissa sovelluksissa on kuitenkin tarpeellista säätää moottorin kierrosnopeutta, jos esim. kuljetinhihnan nopeutta tai pumpun tuottoa halutaan muuttaa. Jälkimmäisessä voitaisiin toki rajoittaa virtausta säätöventtiilillä, mutta tämä ei ole

energiatehokkuuden kannalta kovin järkevä ratkaisu, sillä kyseisessä tilanteessa pumppu pyörii turhaan täydellä nopeudella käyttäen tarpeettoman paljon energiaa.

Taajuusmuuttajan avulla moottorin kierrosnopeutta, kiihtyvyyttä ja hidastuvuutta voidaan säätää hyvin monipuolisesti erityyppisten sovellusten mukaan. Laite myös suojaa moottoria mahdollisissa vikatilanteissa, joten erillistä lämpörelettäkään ei välttämättä tarvita. Sitä ohjataan usein ohjelmoitavalla logiikalla, mutta nykyaikaisissa taajuusmuuttajissa on jo itsessään sen verran runsaasti älyä, että ne pystyvät ohjaamaan itse itseään yksinkertaisissa sovelluksissa esim. sisäisen PID-säätimen avulla. (ABB.fi 2008.)

Tässä työssä käytettävät taajuusmuuttajat olivat valmiina käytössä asiakkaan tiloissa ja ne molemmat ovat tyyppiä ABB ACS800.

## **5 Prosessin kuvaus**

Tässä osiossa kuvaillaan ainoastaan rikastamolla tapahtuvaa jäteveden pumppausprosessia. Varsinainen rikastusprosessi on rajattu tämän työn ulkopuolelle.

Logiikka ohjaa kahta taajuusmuuttajaohjattua jätepumppua, JP1 ja JP2, joista vain toinen on kerrallaan käytössä. Operaattori tekee valinnan käytettävästä pumpusta käyttämällä valvomossa olevaa kiertokytkintä JP1-JP2-S1. Pumpulla pumpataan jätevettä pois jätevesikaivosta rikastushiekan kautta selkeytysaltaaseen.

### **5.1 Virtaussäädin FC-402**

Pumpun JP1 tai JP2 kierrosnopeus määräytyy pumpattavan jäteveden virtauksen mukaan, eli säätimen FC-402 tarkoituksena on pitää jäteveden virtaus vakiona. Pumpun jälkeen prosessissa on myös painemittaus PI-401, jonka lukema näytetään valvomonäytöllä.

## 5.2 Pinnankorkeuden säädin LC-408

Jätekaivon pinnanmittauksen perusteella ohjataan lisäveden säätöventtiiliä FV-401. Venttiilin avauma pidetään vakiona kaivon pinnan ollessa normaalien toimintarajojen sisäpuolella. Vasta ylärajan ylittyessä tai alarajan alittuessa venttiilin säädin FC-401 otetaan käyttöön, jolloin kaivoon laskettavan lisäveden määrää joko lisätään tai vähennetään tilanteesta riippuen. Kyseessä on ns. ”piilosäädin”, eli se on olemassa ainoastaan logiikan ohjelmassa, valvomossa sitä ei ole esitetty. Säätimen FC-401 ollessa käytössä myös pumppua ajetaan ns. ”pakkotilassa” säätimen FC-402 ohi.

## 5.3 Huuhtelusekvenssi

Operaattori voi tarvittaessa käynnistää prosessin huuhtelusekvenssin. Sekvenssin vaiheessa 1 jätepumppu pumppaa jätekaivoa tyhjäksi suurella kierrosnopeudella. Kaivon pinnan saavuttaessa alarajan sekvenssi siirtyy vaiheeseen 2. Jäteveden pumppaus hidastuu ja lisäveden säätöventtiili aukeaa. Kaivon pinta lähtee nousuun, sillä lisäveden virtaus on suurempi kuin kaivosta pois pumpattavan jäteveden virtaus. Kun pinnankorkeus saavuttaa kaivon ylärajan, sekvenssi päättyy ja prosessin normaali toiminta jatkuu.

## 6 Instrumentointi- ja sähkösuunnittelu

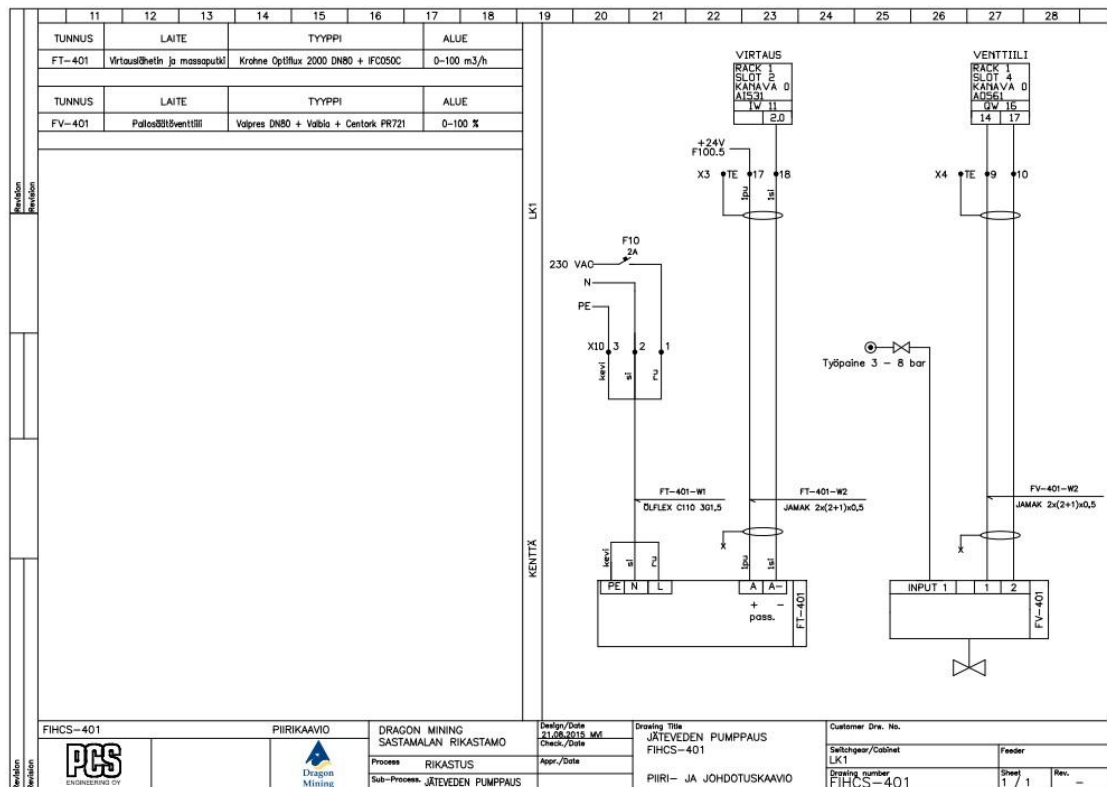
Instrumentointisuunnittelussa valitaan prosessissa käytettävät instrumentit sekä laaditaan niille piirikaaviot. Sähkösuunnittelussa puolestaan keskitytään prosessin varsinaiseen sähköistämiseen ja laaditaan piirustukset keskuksen kokoonpanosta, johdotuksista, jännitteenjaosta yms.

## 6.1 Instrumentointisuunnittelu

Tässä projektissa instrumentointisuunnittelua vaativia kohteita olivat jätelinjan paine- ja virtausmittaus, jätekaivon pinnankorkeuden säätö ja lisäveden virtauksen säätö. Jokaiselle kohteelle valittiin sopiva mittalaite sekä sopivat kaapelit. Säättöpiireissä valittiin luonnollisesti myös sopiva toimilaite. Laitteiden sähkönsyöttöön valitsimme Ölflex C110 –sarjan kaapelit, signaalikaapeleina pääitimme käyttää LiYCY-tyyppisiä kaapeleita.

Instrumenttipiirikaavioihin sijoitettiin sivun vasempaan ylälaitaan käytettävän laitteen oleelliset tiedot, sivun oikeaan laitaan taas varsinainen piirikaavio. Piirikaavioimme noudattavat aina samaa kaavaa, jossa ylhäältä alaspäin katsottaessa ovat ensin logiikan lähdöt ja tulot, ristikytken riviliittimet, sähkönsyöttö ja sen riviliittimet, instrumentti-ilma, kaapelitunnukset ja viimeisenä mittalaite sekä toimilaite. Kaikkia edellämainittuja ominaisuuksia ei toki löydy kaikista kohteista.

Sivun alalaidassa on otsikkotaulu, josta näkyvät dokumentin tärkeimmät tiedot, kuten tiedostonimi, dokumentin tyyppi, prosessin nimi ja sijainti, päivämäärä, piirustusnumero ja sähkökeskuksen tunnus. (Kuvio 1)

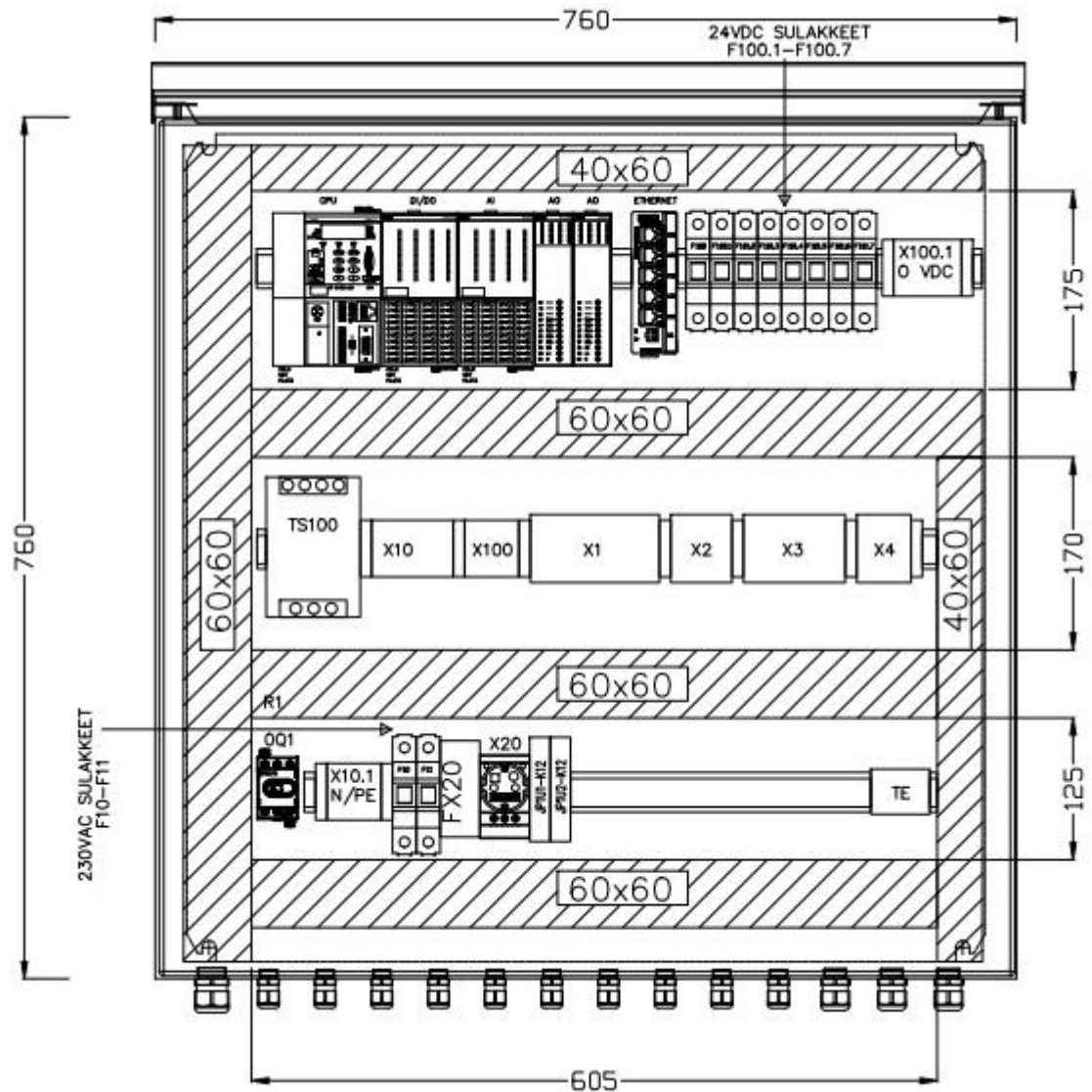


Kuvio 1 Virtaussäädön instrumenttipiirikaavio

## 6.2 Sähkösuunnittelu

Sähkösuunnittelun osalta teimme projektiin keskuksen layout-kuvan, keskuksen jännitteenjakokuvat, kokoonpanokuvat sekä moottorien pää- ja ohjausvirtapiirit.

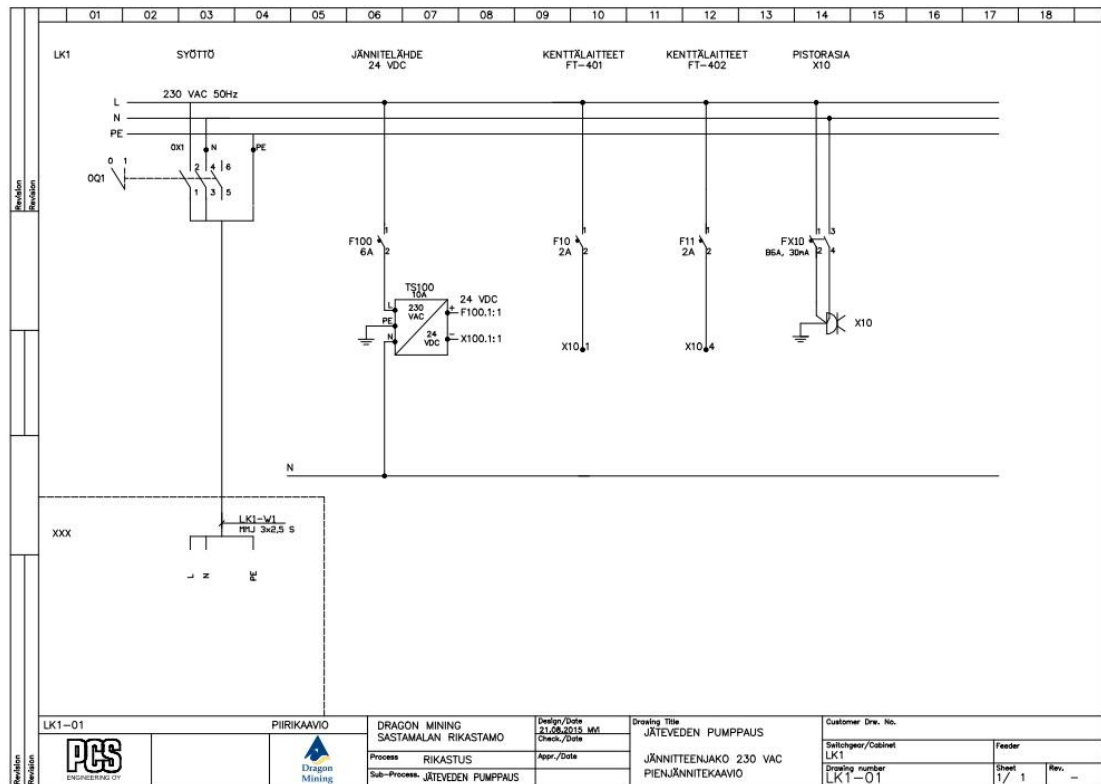
Layout-kuvassa näytetään keskuksessa olevat kalusteet niiden oikeissa mitoissa ja oikeilla paikoilla. Kuvaan on myös merkitty keskuksen mitat. Kuvaan tehdessään suunnittelija pystyy suoraan näkemään, kuinka suuren keskuksen tarvittavat laitteet vaativat. (Kuvio 2)



Kuvio 2 Keskuksen layout-kuva

Jännitteenjakokuvassa esitetään, kuinka jännitteet on jaettu keskuksessa. Syöttökaapeli tuodaan sisään keskukseseen, jossa se on kytketty pääkytkimeen. Tästä kaapelit jaetaan eri sulakeryhmille, ennen tätä voidaan jännite käyttää myös mahdollisen pääsulakkeen kautta. Useita ryhmiä käytetään siksi, että sulakkeen lauetessa mahdollisessa vikatilanteessa koko keskus ei muutu jännitteettömäksi. Tämän ansiosta myös vianhaku on huomattavasti helpompaa. Erillisistä ryhmistä on hyötyä myös silloin, jos halutaan tehdä muutostöitä johonkin prosessin osa-alueeseen muun prosessin ollessa käynnissä. Muutoksen kohteena oleva ryhmä

voidaan tehdä jännitteettömäksi ja erottaa muusta prosessista, jolloin muutosten tekeminen on turvallista. (Kuvio 3)



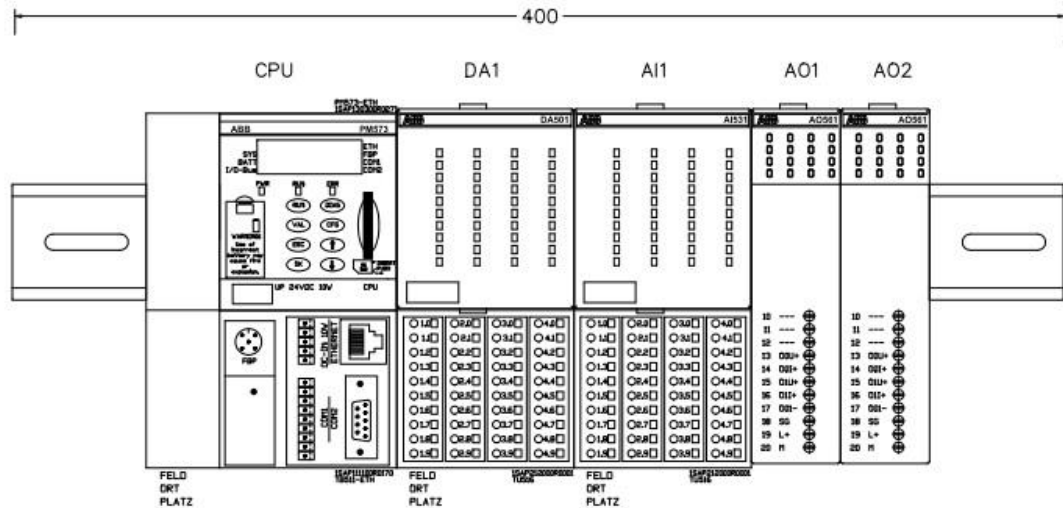
### Kuvio 3 Jännitteenjako 230VAC

Mikäli käytössä on esim. useita 24V laitteita, voidaan näille tehdä vielä erillinen jännitejako. (Kuvio 4)



### Kuvio 4 Jännitteenjako 24VDC

(Kuvio 5)



#### LOGIIKAN KOKOONPANO

1KPL	1SAP111100R0270	TB511—ETH TERMINAL BASE
1KPL	1SAP130300R0271	PM573—ETH CPU
1KPL	1SAP180300R0001	TA521 LITHIUM BATTERY
1KPL	1SAP180100R0001	MC502 MEMORY CARD
1KPL	1SAP250700R0001	DA501 DIGITAL ANALOG INPUT/OUTPUT MODULE
1KPL	1SAP250600R0001	AI531 ANALOG INPUT MODULE
2KPL	1TNE968902R1201	AO561 ANALOG OUTPUT MODULE
2KPL	1SAP212000R0001	TU516 I/O TERMINAL UNIT
6KPL	1TNE968901R3106	TA565—11 TERMINAL BLOCK

#### ETHERNET KYTKIMET:

1KPL 6GK5005-0BA00-1AA3 5xRJ45

Kuvio 5 Logiikan kokoonpano

Riviliittimien kokoonpanokuvasta nähdään kaikki keskuksessa olevat riviliittimet.

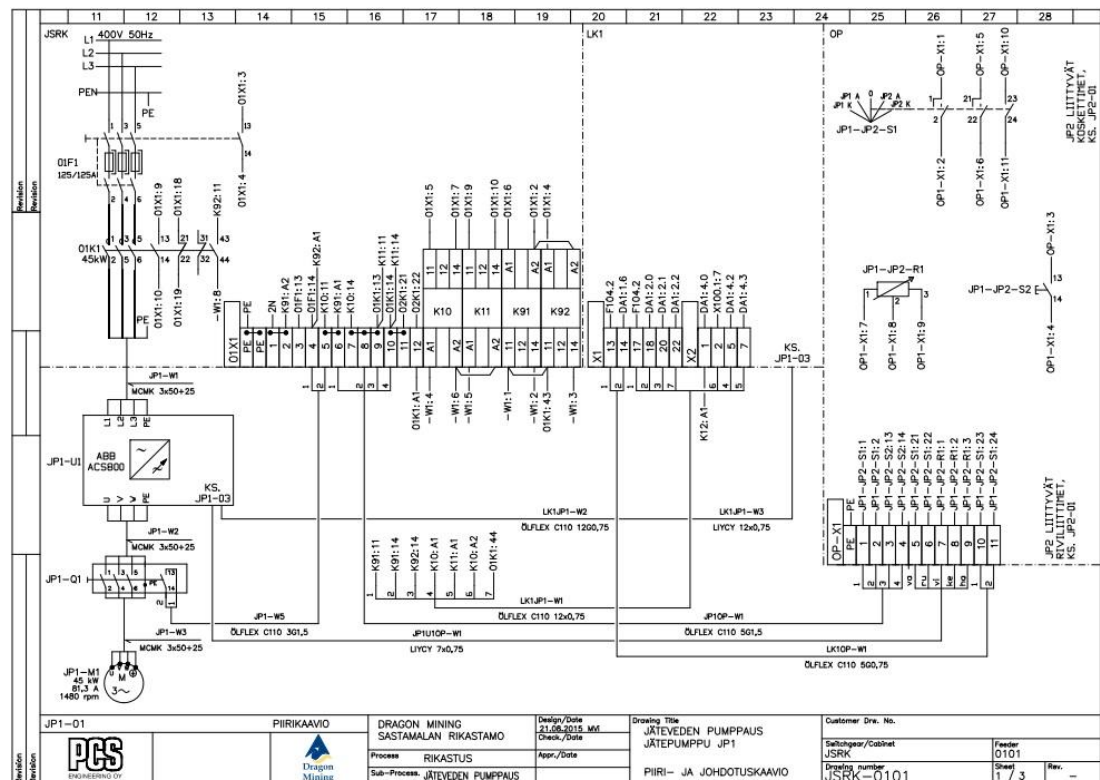
Riviliittimiin on merkitty niihin kytkettyjen laitteiden positiot, joten kuvasta nähdään suoraan, mitä signaaleja minkäkin liittimen kautta kulkee.

Moottorien piirikaaviot olivat tämän projektin työläimmät dokumentit. Molemmille moottoreille tehtiin päävirtapiiri, ohjausvirtapiiri ja taajuusmuuttajan piirikaavio.

Päävirtapiirin yhteydessä on esitetty myös ohjauspiiri johdotuskaaviona.

Päävirtapiiri on sivun vasemmassa laidassa. Ylhäältä alaspäin katsottuna kuvassa on 400V syöttö, kytkinvaroke, taajuusmuuttajan verkkokontaktori, taajuusmuuttaja, turvakytkin ja moottori.

Päävirtapiirin vieressä oikealla on esitetty tarvittavien riviliittimien, releiden ja kytkimien johdotukset. Kotelot on erotettu toisistaan katkoviivalla ja niiden väliset kaapeloinnit on esitetty kuvan alaosassa. (Kuvio 6)



Kuvio 6 Moottorin päävirtapiiri ja ohjauspiirin johdotuskuva

## 7 Sovellussuunnittelu

Kun tässä työssä puhutaan sovellussuunnittelusta, tarkoitetaan sillä laitteiden konfigurointia, logiikkaohjelmointia sekä valvomonäytön luomista.

## 7.1 Logiikan konfigurointi

Ennen kuin ohjelmoitava logiikka on käyttökelpoinen, pitää sille tehdä ns. Hardware-konfigurointi. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että logiikan CPU:lle kerrotaan minkälaisia laitteita siihen on kytketty. Tässä työssä logiikka koostuu CPU:n lisäksi yhdestä digitaali/analogia-IO-kortista, yhdestä analogiatulokortista sekä kahdesta analogialähtökortista. Konfigurointi tehtiin ABB Automation Builderillä, jossa luomaamme projektiin lisättiin edellä mainitut kortit. Lisäksi korttien tuloille ja lähdöille annettiin symboliset nimet, joita käytetään varsinaisen ohjelman teossa.

Konfiguroinnista nähdään muuttujan nimi kohdasta "Variable". Tätä nimeä voidaan käyttää varsinaisessa ohjelmoinnissa, joten suunnittelijan ei tarvitse käyttää logiikan fyysisiä osoitteita työssään. Kohdasta "Channel" nähdään mihin kanavaan muuttuja on liitetty. "Address" kertoo fyysisen osoitteen laitteistossa, "Type" signaalin tyyppin ja "Unit" signaalin mahdollisen yksikön. Kohtaan "Description" voidaan antaa vapaamuotoinen kuvaus käytettävästä muuttujasta. (Kuvio 7)

ne_Access	Ethernet	Modbus_TCP_IP_Client	FBP_Online_Access	AO561	Protocols	PLC
DA501 Configuration	DA501 I/O Mapping	I/O mapping list	Information			
Channels						
Variable	Mapping	Channel	Address	Type	Unit	Description
JP1_Hairio		Digital inputs DI0 - DI15	%IW0	WORD		
JP1_Kayntivalmis		Digital input DI0	%IX0.0	BOOL		Tamun häiriötieto
JP1_Kay		Digital input DI1	%IX0.1	BOOL		Tamun käynnistysvalmis
JP2_Hairio		Digital input DI2	%IX0.2	BOOL		Tamun käyntitieto
JP2_Kayntivalmis		Digital input DI3	%IX0.3	BOOL		Tamun häiriötieto
JP2_Kay		Digital input DI4	%IX0.4	BOOL		Tamun käynnistysvalmis
JP1_JP2_S1_Auto		Digital input DI5	%IX0.5	BOOL		Tamun käyntitieto
SS_37_1_Auto		Digital input DI6	%IX0.6	BOOL		JP1-JP2-S1 kytkimen Auto-asento
JP1_Kenttavika		Digital input DI7	%IX0.7	BOOL		SS-37-1 kytkimen Auto-asento
JP1_Keskusvika		Digital input DI8	%IX1.0	BOOL		Tamun kenttävika
JP1_Verkkokontaktori		Digital input DI9	%IX1.1	BOOL		Tamun keskusvika
JP2_Kenttavika		Digital input DI10	%IX1.2	BOOL		Tamun verkkokontaktori
JP2_Keskusvika		Digital input DI11	%IX1.3	BOOL		Tamun kenttävika
JP2_Verkkokontaktori		Digital input DI12	%IX1.4	BOOL		Tamun keskusvika
Vara_DI_1		Digital input DI13	%IX1.5	BOOL		Tamun verkkokontaktori
Vara_DI_2		Digital input DI14	%IX1.6	BOOL		Vara-DI-1
		Digital input DI15	%IX1.7	BOOL		Vara-DI-2
		Analog input AI0+	%IW1	INT		
		Analog input AI1+	%IW2	INT		
		Analog input AI2+	%IW3	INT		
		Analog input AI3+	%IW4	INT		
		Analog output AO0+	%QW0	INT		
		Analog output AO1+	%QW1	INT		
		Digital inputs DC16 - DC23	%IW5	WORD		
		Digital outputs DC16 - DC23	%QW3	WORD		
Fast counter						

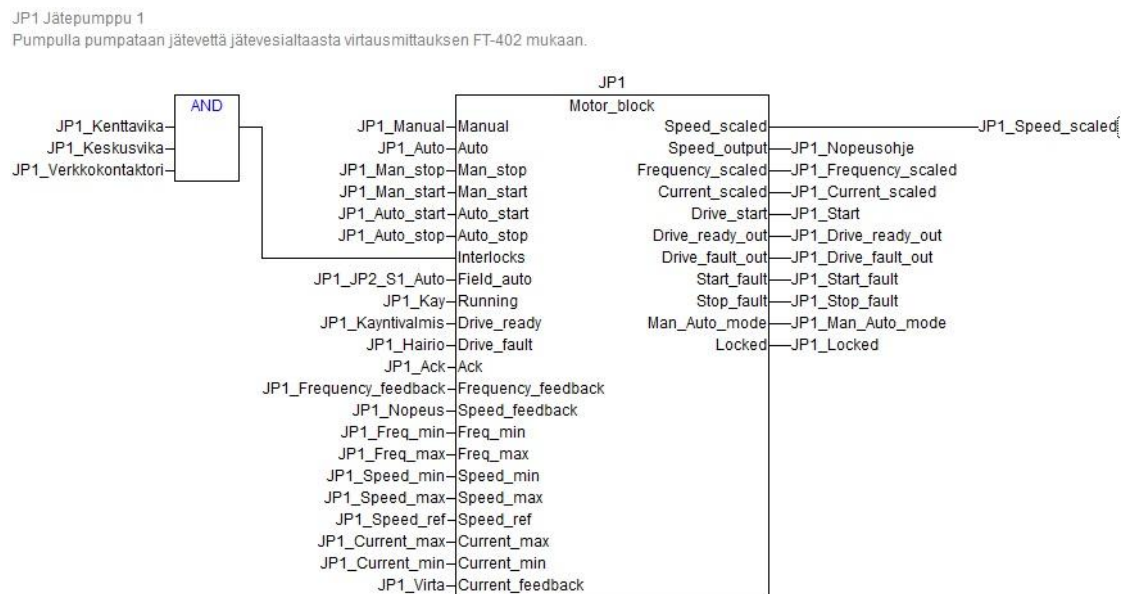
Kuvio 7 Kortin DA501 konfigurointi

## 7.2 Logiikkaohjelmointi

Kun laitteisto oli konfiguroitu, oli seuraavana vaiheena erilaisten ohjelmalohkojen laatiminen. Yrityksemme aikaisemmissa projekteissa käytetyistä ohjelmalohkoista saimme hyvät pohjat myös tässä työssä tarvittaviin lohkoihin. Näitä olivat mm. moottorinohjauslohkot, venttiilinohjauslohkot, mittauslohkot ja säätöpiirit.

Katsoimme vanhoista projekteista, minkälaisia muuttujia kyseisiin ohjelmalohkoihin oli käytetty ja miten ne oli rakennettu. Näitä tietoja soveltamalla rakensimme tähän projektiin sopivat lohkot.

Lohkojen käyttö perustuu siihen, että yhtä lohkoa voidaan käyttää pohjana usean samankaltaisen laitteen ohjaamiseen. Jos projektissa on esimerkiksi useita moottoreita, voidaan niiden ohjaamiseen käyttää samaa ohjelmalohkoa. Lohko kopioidaan jokaiselle ohjattavalla moottorille ja siihen tuodaan tarvittavat tulot ja lähdöt. Lohkoon tuotavat tulot ja lähdöt ovat luonnollisesti laitekohtaisia ja yksilöityjä, mutta lohkon sisällä tapahtuva datan käsittely on kaikissa samanlainen. (Kuvio 8)



Kuvio 8 Jätepumppu JP1:n moottorilohko

Lohkojen laatimisen jälkeen loimme ohjelmaan tarvittavat muuttujat. Näitä olivat varsinaiset fyysiset osoitteet, eli logiikan tulot ja lähdöt, yksittäisissä ohjelmalohkoissa käytettävät sisäiset muuttujat, sekä globaalit muuttujat, joita voidaan käyttää ohjelman kaikissa osissa. Globaaleja muuttujia käytetään myös logiikan ja valvomon välisessä kommunikoinnissa, sillä ne toimivat eräänlaisena rajapintana näiden kahden välillä. (Kuvio 9)



0001	VAR_GLOBAL	
0002		
0003	(*Pumput*)	
0004		
0005	(*JP1 Tulot*)	
0006		
0007	JP1_Manual: BOOL;	(*JP1 taajuusmuuttajan valinta käsiajolle*)
0008	JP1_Auto: BOOL;	(*JP1 taajuusmuuttajan valinta automaattiajolle*)
0009	JP1_Man_stop: BOOL;	(*JP1 taajuusmuuttajan käsipysäytys*)
0010	JP1_Man_start: BOOL;	(*JP1 taajuusmuuttajan käsi käynnistys*)
0011	JP1_Auto_start: BOOL;	(*JP1 taajuusmuuttajan automaattikäynnistys*)
0012	JP1_Auto_stop: BOOL;	(*JP1 taajuusmuuttajan automaattipysäytys*)
0013	JP1_Interlocks: BOOL;	(*JP1 taajuusmuuttajan lukitukset*)
0014	JP1_Ack: BOOL;	(*JP1 taajuusmuuttajan hälytysten kuittaus*)
0015	JP1_Frequency_feedback: INT;	(*JP1 taajuusmuuttajan mitattu lähtötaajuus*)
0016	JP1_Speed_feedback: INT;	(*JP1 taajuusmuuttajan mitattu pyörimisnopeus*)
0017	JP1_Freq_min: REAL;	(*JP1 taajuusmuuttajan minimilähtötaajuus*)
0018	JP1_Freq_max: REAL;	(*JP1 taajuusmuuttajan maksimilähtötaajuus*)
0019	JP1_Speed_min: REAL;	(*JP1 taajuusmuuttajan miniminopeus*)
0020	JP1_Speed_max: REAL;	(*JP1 taajuusmuuttajan maksiminopeus*)
0021	JP1_Speed_ref: REAL;	(*JP1 taajuusmuuttajan nopeusohje valvomosta/säätimeltä*)
0022	JP1_Current_feedback: INT;	(*JP1 taajuusmuuttajan mitattu lähtövirta*)
0023	JP1_Current_min: REAL;	(*JP1 taajuusmuuttajan minimilähtövirta*)
0024	JP1_Current_max: REAL;	(*JP1 taajuusmuuttajan maksimilähtövirta*)
0025		
0026	(*JP1 Lähdöt*)	
0027		
0028	JP1_Speed_scaled: REAL;	(*JP1 taajuusmuuttajan mitattu nopeus valvomoon, skaalattu muotoon 0-100%*)
0029	JP1_Frequency_scaled: REAL;	(*JP1 taajuusmuuttajan mitattu taajuus valvomoon, skaalattu muotoon 0-100%*)
0030	JP1_Current_scaled: REAL;	(*JP1 taajuusmuuttajan mitattu virta valvomoon, skaalattu muotoon 0-100%*)
0031	JP1_Drive_ready_out: BOOL;	(*JP1 taajuusmuuttajan käyntivalmiustieto valvomoon*)
0032	JP1_Drive_fault_out: BOOL;	(*JP1 taajuusmuuttajan vikatieto valvomoon*)
0033	JP1_Start_fault: BOOL;	(*JP1 taajuusmuuttajan käynnistysvika*)
0034	JP1_Stop_fault: BOOL;	(*JP1 taajuusmuuttajan pysäytysvika*)
0035	JP1_Man_Auto_mode: BOOL;	(*JP1 taajuusmuuttajan käsi/automaattiajon tilatieto valvomoon*)
0036	JP1_Locked: BOOL;	(*JP1 taajuusmuuttajan lukitus päällä*)
0037		
0038	(*JP2 Tulot*)	
0039		
0040	JP2_Manual: BOOL;	(*JP2 taajuusmuuttajan valinta käsiajolle*)
0041	JP2_Auto: BOOL;	(*JP2 taajuusmuuttajan valinta automaattiajolle*)
0042	JP2_Man_stop: BOOL;	(*JP2 taajuusmuuttajan käsipysäytys*)
0043	JP2_Man_start: BOOL;	(*JP2 taajuusmuuttajan käsi käynnistys*)
0044	JP2_Auto_start: BOOL;	(*JP2 taajuusmuuttajan automaattikäynnistys*)
0045	JP2_Auto_stop: BOOL;	(*JP2 taajuusmuuttajan automaattipysäytys*)
0046	JP2_Interlocks: BOOL;	(*JP2 taajuusmuuttajan lukitukset*)

Kuvio 9 Osa projektin globaaleista muuttujista

Näiden alkuvalmistelujen jälkeen pystyimme aloittamaan varsinaisen logiikkaohjelmoinnin. Ohjelmointiin ei kulunut montaakaan päivää, sillä ennalta tekemämme lohkot nopeuttivat työtä huomattavasti. Saatuaamme logiikan ABB:ltä kytkimme laitteiston osat toisiinsa ja aloimme luomaan tarvittavia yhteysasetuksia tietokoneen ja logiikan välille. Yhteyden synnyttyä ryhdyimme testaamaan laatimaamme ohjelmaa, samalla kehittäen sitä eteenpäin. Ohjelman ideana oli ohjata kahta taajuusmuuttajaohjattua jätepumppua, joista vain toinen on kerrallaan käytössä. Prosessi on esitetty tarkemmin osiossa Prosessin kuvaus.

### 7.3 Valvomosuunnittelu

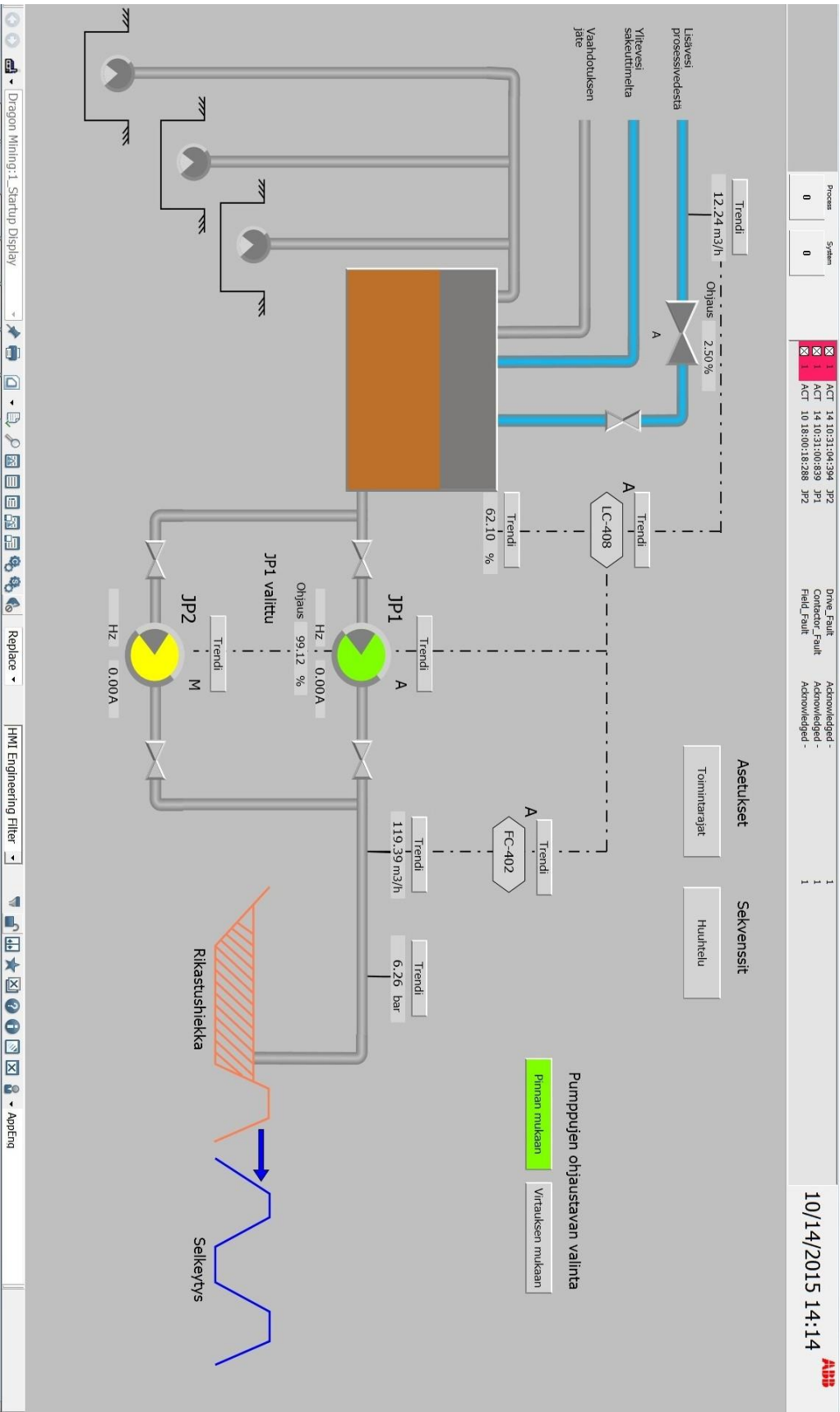
Valvomosuunnittelu alkoi ABB Compact HMI –ohjelmiston asentamisella. Valvomon rakentamiseen käytetään kahta paketin mukana tulevaa ohjelmaa: Plant Explorer Workplace ja Graphics Builder. Plant Explorer Workplacella kootaan ns. valvomon runko. Sen avulla määritellään valvomon sivut, tagit, avattavat ikkunat, trendit, lokitiedostot, yms. Graphics Builderillä puolestaan luodaan nimensä mukaisesti valvomossa käytettävä grafiikka.

Valvomossa voi olla useita näyttösivuja, mutta tässä työssä sivuja tarvittiin vain yksi. Sivulla on esitetty prosessin PI-kaavio, josta voidaan seurata logiikkaan kytkettyjen laitteiden tilaa ja toimintaa. Laitteita voidaan myös ohjata valvomon avulla.

(Kuvio 10)

Valvomonäytön laatiminen alkoi asiakkaan prosessista toimittaman PI-kaavion piirtämisellä. Kuvaan lisättiin prosessissa olevat putket, säiliöt, pumpput sekä säätö- ja ON/OFF-venttiilit. Putkia ja ON/OFF-venttiileitä lukuunottamatta kaikki edellä mainitut objektit ovat aktiivisia, eli niitä pystytään ohjaamaan ja/tai valvomaan. Aktiivisia objekteja ovat myös säätimet, mittaukset ja trendi-ikkunat. Kuvassa on esitetty selkeyden vuoksi myös kohteita, jotka eivät varsinaisesti liity tähän prosessiin. Näitä ovat esimerkiksi rikastushiekka ja selkeytysallas. Näytön avulla päästään käsiksi myös toiminta-asetuksiin, pumppujen toimintatavan valintaan ja huuhtelusekvenssiin. Valvomonäytön toiminta on kuvattu tarkemmin kirjoittamassani käyttöohjeessa liitteessä 1, jota kollegani Kimi Klinga on tarkentanut käyttöönoton yhteydessä.





Kuvio 10 Valvomonäyttö

## **8 Projektin toteutus**

### **8.1 Alkutilanne**

Kuten johdannossa jo mainittiin, rikastamolla oli alkutilanteessa käytössä kaksi taajuusmuuttajaohjattua jätepumppua. Vain toinen pumpuista on kerrallaan käytössä, toinen pumppu on joko huollettavana tai huollettuna valmiina paikallaan. Kun käytössä olevan pumpun käyttötunnit tulevat täyteen tai siihen tulee jokin vika, siirrytään käyttämään reservissä olevaa pumppua. Pumppujen säätö oli toteutettu yksikkösäätimellä, jonka avulla käyttövuorossa olevan pumpun kierrosnopeutta säädettiin jätekaivon pinnankorkeuden mukaan. Prosessissa on mukana myös lisäveden annostelu jätekaivoon virtauksen perusteella, joka myös oli aiemmin toteutettu yksikkösäätimellä. Erona pinnankorkeuden säätöön on ohjattava toimilaite, joka taajuusmuuttajaohjatun pumpun sijaan on säätöventtiili. Projektin tarkoituksena oli korvata nämä nykyisin jo vanhanaikaiset säätötavat modernimmalla ratkaisulla, eli ohjelmoitavalla logiikalla ja valvomo-PC:llä.

### **8.2 Työn aloitus**

Työ alkoi asiakkaalta saatuun aineistoon tutustumisella ja logiikan IO-jaon alustavalla hahmottelulla. Aineistoon kuului mm. prosessikaavio ja prosessin toimintakuvaus, jonka oli laatinut ulkopuolinen suunnittelutoimisto. Samalla asensin ABB Automation Builder –ohjelman, jota käytetään logiikan ohjelmointiin.

### **8.3 Työn eteneminen**

Ennen varsinaisen ohjelman laatimista päätimme ryhtyä kartoittamaan projektissa tarvittavia laitteita, sekä piirtämään alustavia piirikaavioita ja layout-kuvia. Laitekokoonpanon ollessa selvillä ryhdyimme tekemään varsinaisia piirikaavioita.

Saatuamme kaaviot valmiiksi siirryimme täysipainoisemmin ohjelmistosuunnittelun pariin. Ensimmäinen askel oli tehdä ns. Hardware Configuration, eli logiikan fyysisten laitteiden konfigurointi. Toisin sanoen ohjelmalle kerrotaan, minkälaiseen laitekokonaisuuteen se ladataan. Konfigurointi oli suhteellisen helppoa, eikä se juurikaan poikennut muiden valmistajien vastaavista.

Saatuamme ohjelman muutamia viimeistelyjä vaille valmiiksi ryhdyimme asentamaan ABB Compact HMI -valvomo-ohjelmistoa. Ohjelmisto tukee ainoastaan Windows 7 Professionalin englanninkielistä versiota, joka aiheutti ongelmia, sillä tietokoneeseen oli asennettu suomenkielinen Windows. Asensimme koneeseen uuden englanninkielisen käyttöjärjestelmän, jonka jälkeen latasimme tarvittavat ajurit valmistajan internet-sivuilta. Tämän jälkeen valvomo-ohjelmiston asennus onnistui.

Valvomon ja logiikan välisen yhteyden luomisessa oli ongelmia, jonka vuoksi jouduimme asentamaan valvomo-ohjelman uudelleen. Ongelma korjaantui lopulta asentamalla kaikki valvomoon liittyvät ohjelmat oikeassa järjestyksessä. Kun yhteydet olivat kunnossa, pystyimme aloittamaan valvomonäytön rakentamisen.

Kävimme myös asiakkaan luona palaverissa Sastamalassa, jossa saimme paljon vastauksia tähänastisiin kysymyksiin ja epäselvyyksiin. Tärkein esille tullut asia oli mielestäni taajuusmuuttajien lukumäärän ja niiden ohjaustavan varmistuminen. Alkuperäisten lähtötietojen mukaan rikastamalla oli käytössä kaksi taajuusmuuttajaa. Lähtötietojen lisäksi olimme kuitenkin saaneet hieman myöhemmin lisää dokumentteja, joista kävi ilmi, että taajuusmuuttajia olisikin käytössä pelkästään yksi. Tämä johtui siitä, että kyseiset kuvat olivat ajalta, jolloin taajuusmuuttajia oli käytössä pelkästään yksi, sillä aikanaan kahden taajuusmuuttajan hankinta on ollut selvästi suurempi kustannuskysymys kuin nykyään.

Palaverin päätyttyä meillä oli lopulliset tiedot laitteistosta, jonka ansiosta pystyimme tekemään kuvat kokonaan valmiiksi. Valmiit kuvat lähetimme keskustoimittajalle,

joka teki sopivan kotelon logiikalle, releille ja muille prosessin ohjaukseen käytettäville laitteille. Logiikkaa lukuunottamatta keskustoimittaja toimitti kaikki koteloon tulevat kalusteet ja myös asensi ne paikalleen johdotuksineen.

## **8.4 Moottorikeskus**

Alkuperäisestä suunnitelmasta poiketen saimme suunniteltavaksemme myös prosessissa tarvittavan uuden moottorikeskuksen. Omaan toimenkuvaani tämä ei kuitenkaan juuri vaikuttanut, sillä lisäys sisälsi lähinnä keskussuunnittelua, josta minulla ei vielä ole kokemusta. Suunnittelulla alkoi olla jo melko kova kiire, joten minulla ei ollut aikaa tämän osa-alueen opettelemiseen, vaikka se olisikin ollut varmasti hyödyllistä. Tästä syystä moottorikeskuksen suunnittelun vaiheet on rajattu tämän opinnäytetyön ulkopuolelle.

## **8.5 Käyttöönotto**

Projekti sisälsi alun perin kuuden päivän mittaisen käyttöönoton, jossa oli tarkoitus olla mukana kaksi henkilöä yrityksestämme. Rikastamolla oli kahden viikon seisakki, jonka aikana uusi laitteisto oli tarkoitus ottaa käyttöön. Ensimmäinen viikko oli varattu laitteiden asennukseen, toinen viikko taas automaatiolaitteiden varsinaiseen käyttöönottoon ja testaukseen. Moottorikeskuksen toimitus viivästyi kuitenkin lähes viikolla, joten myös laitteiden asennukset viivästyivät. Tästä johtuen käyttöönotto jouduttiin suorittamaan yhden viikonlopun aikana, jonka jälkeen suoritettiin vielä pari päivää testausta ja prosessin valvontaa. Näiden aikataulumuutosten vuoksi en valitettavasti itse päässyt osallistumaan käyttöönottoon, joten kollegani joutui hoitamaan työn yksin. Tämä oli hyvin valitettavaa, sillä olisin mielelläni osallistunut työn tähänkin vaiheeseen. En ole aikaisemmin ollut mukana käyttöönotossa, joten olisin varmasti saanut siitä arvokasta kokemusta.

Käyttöönotto sujui kaiken kaikkiaan hyvin. Sähkökuvista löytyi muutama virhe, jotka korjattiin jälkeinpäin. Lisäksi moottorikeskuksen toimittajan kanssa tapahtunut sekaannus riviliittimien kanssa aiheutti kuviin pieniä muutoksia. Myös ohjelmapuolta muutettiin hieman. Alkuperäisessä toimintakuvauksessa jäteveden virtaussäätö oli asetettu tärkeimmäksi prioriteetiksi, mutta asiakas toivoi tähän asiaan muutosta. Prosessin oleellisin asia on todellisuudessa jätekaivon pinnankorkeuden säätö, joten valvomonäyttöön lisättiin painikkeet, jolla prosessin säätöperiaatetta voi muuttaa. Pinnankorkeuden säätöön käytetään kohdassa Pinnankorkeuden säädin LC-408 mainittua ”piilosäädintä” FC-401, joka päätettiin näytön selkeyden vuoksi myös pitää poissa näkyvistä.

## 9 Pohdinta

Opinnäytetyöni onnistui mielestäni hyvin. Tästä kertoo mielestäni yksinkertaisesti se, että työssä päästiin sille asetettuun tavoitteeseen: Asiakas sai toiveitaan vastaavan, käyttökelpoisen ja toimivan sovelluksen laitokselleen. Opin työssä paljon uutta eri osa-alueilta, esimerkiksi logiikkaohjelmoinnista, valvomosuunnittelusta ja instrumentointisuunnittelusta. Myös nämä seikat vaikuttivat oleellisesti opinnäytetyön onnistumiseen kokonaisuutena.

Jyväskylän ammattikorkeakoulussa suorittamieni kurssien sekä sähkö- ja automaatioalan kunnossapitotöiden kautta saadulla kokemuksella työn tekemiseen oli suhteellisen helppo ryhtyä. Olin myös ehtinyt kartuttaa jonkin verran kokemusta suunnittelutyöstä PCS-Engineeringillä työskennellessäni ennen opinnäytetyön aloittamista. Myös työpaikalla saamani tuki ja neuvot olivat erityisen tärkeitä. AMK:n kursseista etenkin logiikkaohjelmointiin ja laitteiden konfigurointiin liittyvät kurssit olivat hyödyllisiä.

Aihe oli mielenkiintoinen ja motivaatio työn tekemiseen oli korkea, sillä tiesin koko ajan tekeväni projektia oikeassa työelämässä todelliselle asiakkaalle. Oli mielekästä

tehdä työtä, josta olisi hyötyä myös muille, eikä pelkästään itselleni. Työssä tuli toki vastaan joitakin vastoinkäymisiä, esimerkkinä voidaan mainita vanhentuneiden dokumenttien perusteella tekemämme piirikaaviot, jotka jouduimme laatimaan uusiksi. Pyrin kuitenkin ottamaan työssä vastaan tulleet ongelmat oppimisen kannalta, sillä on selvää, että oikeassa elämässä asiat harvoin menevät täysin suunnitelmien mukaan.

Ainoa asia, joka työssä jäi vaivaamaan oli se, että en päässyt osallistumaan projektin käyttöönottoon. Kentältä saatu kokemus olisi varmasti ollut arvokasta tulevaisuuden projekteja ajatellen.

## Lähteet

ABB.fi. 2008. Mikä taajuusmuuttaja on? Viitattu 8.10.2015

<http://www.abb.fi/cawp/db0003db002698/d5b664f5dd909412c1257291003ef7cc.aspx>

Kaiva.fi. 2014. Rikastus -koulutusmateriaali. Viitattu 8.10.2015

[http://kaiva.fi/wp-content/uploads/2014/12/Rikastus\\_kaiva.pdf](http://kaiva.fi/wp-content/uploads/2014/12/Rikastus_kaiva.pdf)

Laurila, J. 2013. Hydrosyklonin ja spiraalierottimen käyttöönotto. Opinnäytetyö. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Viitattu 8.10.2015

<https://www.theseus.fi/handle/10024/57490>

Logiikkaohjattu annosteluprosessi. 2013. Prosessitekniikan laboratoriotyö-ohje.

Oulun yliopisto, prosessi- ja ympäristötekniikan osasto. Viitattu 8.10.2015

[http://www.oulu.fi/sites/default/files/content/annosteluprosessi\\_v6\\_0.pdf](http://www.oulu.fi/sites/default/files/content/annosteluprosessi_v6_0.pdf)

Opasnet. 2013. Rikastusprosessit –ensyklopedia-artikkeli. Viitattu 8.10.2015

<http://fi.opasnet.org/fi/Rikastusprosessit>

## **Liitteet**

### **Liite 1. Valvomon käyttöohje**